



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of: Stephan Aurich et al.
Serial No.: 10/624,341
Date Filed: July 22, 2003
Group Art Unit: 1725
Examiner: Evans, Geoffrey S.
Title: **ELECTRODE GUIDE FOR SPARK-EROSION
MACHINES AND A METHOD FOR THE SPARK-
EROSION OF WORKPIECES**

MAIL STOP - ISSUE FEE
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as Express Mail No. EV352437982US addressed to: Commissioner of Patents, Office, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450, on December 20, 2005.

Signature

Dear Sir:

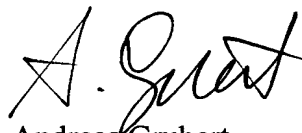
TRANSMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENTS

Applicants enclose a certified copy of priority German Patent Application No. 101 03 292.7 filed January 25, 2001 and priority German Patent Application No. 201 20 252.2 filed January 25, 2001.

REMARKS

Applicants believes there are no fees due, however, the Commissioner is hereby authorized to charge any additional fees or credit any overpayment to Deposit Account No. 50-2148 of Baker Botts L.L.P.

Respectfully submitted,
BAKER BOTTS L.L.P.
Attorney for Applicants



Andreas Grubert
Limited Recognition No. L0225
Expires June 30, 2006
Limited Recognition Under 37 C.F.R. §11.9(b)

Date: December 19, 2005

SEND CORRESPONDENCE TO:

BAKER BOTTS L.L.P.
CUSTOMER ACCOUNT NO. **31625**
512.322.2545
512.322.8383 (fax)

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 101 03 292.7

Anmeldetag: 25. Januar 2001

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft,
80333 München/DE

Bezeichnung: Elektrodenführung für Erodiermaschinen
sowie Verfahren zum Erodieren von
Werkstücken

IPC: B 23 H 7/26

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 10. November 2005
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT


Hintermeier



Zusammenfassung

Elektrodenführung für Erodiermaschinen sowie Verfahren zum Erodieren von Werkstücken

5

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Elektrodenführung bzw. ein Verfahren zum Erodieren von Werkstücken. Die Elektrodenführung (1) stellt durch eine aus zwei Teilen (2, 3) bestehende Prismenführung mit einer Vorspannvorrichtung (6) eine spielfreie Führung einer Elektrode (4) bereit, wodurch Bohrungen mit einer Genauigkeit von $1\mu\text{m}$ herstellbar sind. Weiter ist eine Schwenkvorrichtung (10) zum Schwenken der Elektrodenführung und eine Ausrichtvorrichtung (14) zum Parallelverschieben der Elektrodenführung (1) vorgesehen, wodurch konische Bohrungen herstellbar sind.

10

15

(Figur 1)

CCP2373 1.D.E

1/4

5

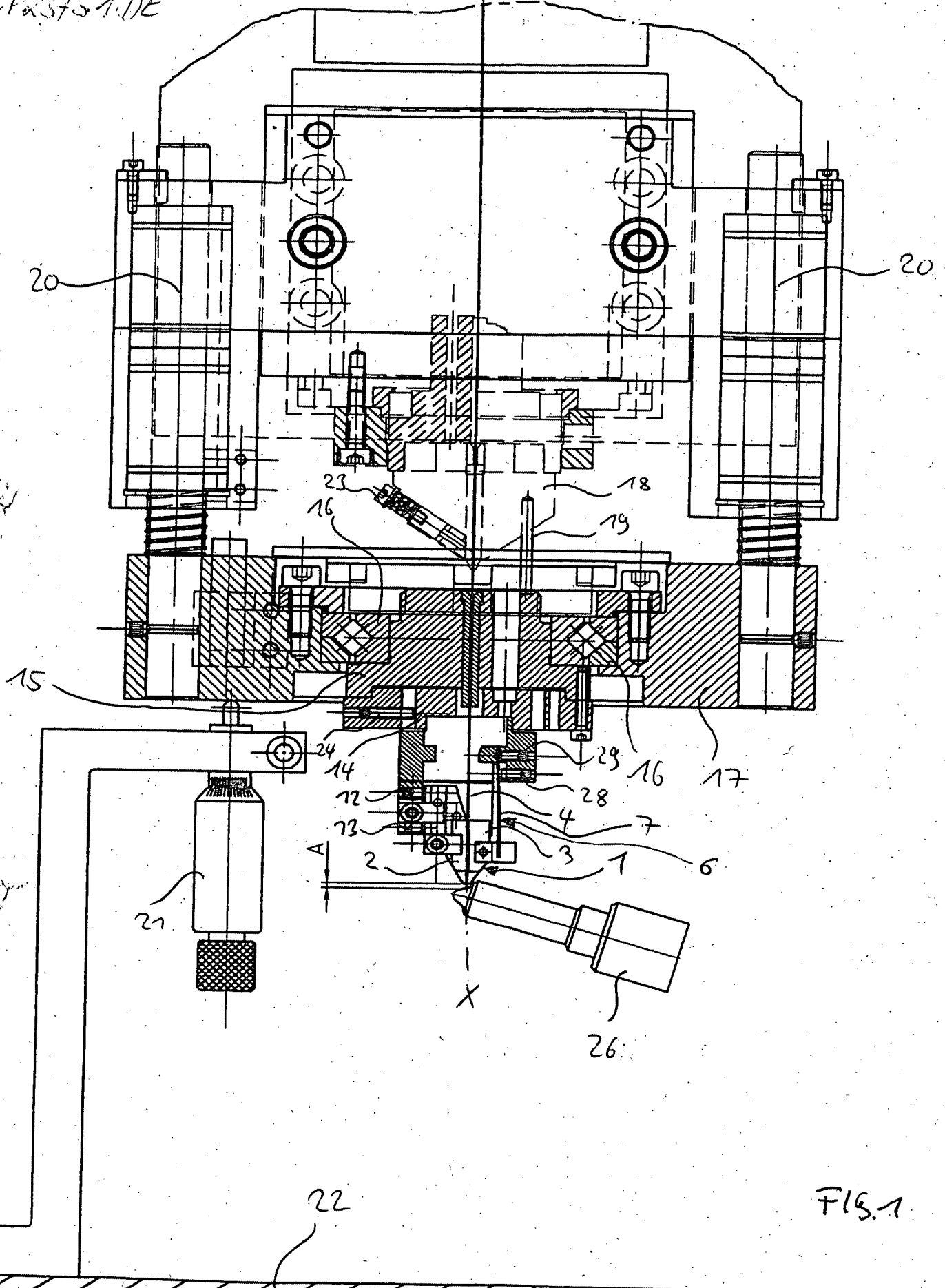


FIG. 1

Beschreibung

Elektrodenführung für Erodiermaschinen sowie Verfahren zum Erodieren von Werkstücken

5

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Elektrodenführung für Erodiermaschinen sowie ein Verfahren zum Erodieren von Werkstücken.

10 Funkenerosionsmaschinen sind in vielfältiger Ausgestaltung im Stand der Technik bekannt. Derartige Maschinen werden beispielsweise zur Erzeugung von Bohrungen eingesetzt. Hierbei werden als Elektrodenführungen beispielsweise Keramikröhrchen eingesetzt oder es werden Hartmetall-Spannzangen mit einem
15 seitlichen Spannmechanismus verwendet. Bei diesen bekannten Elektrodenführungen liegen Toleranzen der Spannlage der Elektrode zur Drehachse bei 5 µm, wodurch sie zur Erzeugung von Mikrobohrungen relativ ungenau sind.

20 Besonders problematisch ist neben der Herstellung von Mikrobohrungen insbesondere auch die Herstellung von konischen Mikrobohrungen mit genau definierter Vor- bzw. Hinterweite. Derartige Mikrobohrungen können in der Serienfertigung mit einer akzeptablen Toleranz von 1 µm bisher nicht erreicht
25 werden. Insbesondere konische Mikrobohrungen können nur bedingt durch Einstellungen an den Erodierparametern erzeugt werden. Z.B. werden konische Bohrungen durch eine mit zunehmender Tiefe der Bohrung erhöhte Abtragleistung erzeugt oder eine rotierende Drahtelektrode wird mit zunehmender Tiefe der
30 Bohrung zum Schwingen angeregt, um eine kegelmantelförmige Bahn zu beschreiben. Mit derartigen Verfahren können jedoch nur Bohrungen mit ungenauen Abmessungen und relativ großen Toleranzen von über 5µm erhalten werden. Beispielsweise bei der Herstellung von Mikrobohrungen für Kraftstoffeinspritz-
35 ventile wären jedoch Toleranzen im Bereich von 1 µm wünschenswert. Somit besteht eine Notwendigkeit für eine Elekt-

rodenführung bzw. ein Erodierverfahren, welche derartige Toleranzen von 1 μm erreichen.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Elektrodenführung bzw. ein Erodierverfahren bereitzustellen, welche bei einfachem Aufbau und einfacher, kostengünstiger Herstellbarkeit spielfrei geführt ist, um Bohrungen bzw. Aussparungen mit einer möglichst geringen Toleranz zu erzeugen.

10 Diese Aufgabe wird durch eine Elektrodenführung bzw. ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 bzw. 18 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind jeweils Gegenstand der Unteransprüche.

15 Erfindungsgemäß wird somit eine Elektrodenführung bzw. Führungsvorrichtung für eine Elektrode einer Erodiermaschine bereitgestellt, welche eine Prismenführung bestehend aus einem Halteteil und einem Andrückteil umfasst. Dabei ist die Elektrode zwischen dem Andrückteil und dem Halteteil angeordnet
20 und geführt. Eine nutförmige Aussparung ist im Halteteil oder im Andrückteil ausgebildet und das Andrückteil wird mittels einer Vorspannvorrichtung gegen das Halteteil gedrückt. Somit kann erfindungsgemäß eine definierte Lage der Elektrode auch beim Verschieben der Elektrode während des gesamten Erodierprozesses mit einer Toleranz von $\leq 1\mu\text{m}$ sichergestellt werden,
25 da die Elektrode spielfrei in der Elektrodenführung geführt ist. Insbesondere bei drehenden Elektroden kann dabei ein Rundlauf von $\pm 1\mu\text{m}$ genau eingehalten werden. Somit können z.B. Mikrobohrungen mit höchster Genauigkeit hergestellt werden. Dadurch, dass die nutförmige Aussparung entweder im Halteteil oder im Andrückteil ausgebildet ist, kann erfindungsgemäß eine minimale Anzahl von Kontaktstellen zwischen der Elektrode und der Elektrodenführung erreicht werden. Besonders bevorzugt ist es dabei, drei Kontaktstellen vorzusehen.

30
35 Vorzugsweise ist eine nutförmige Aussparung sowohl im Andrückteil als auch im Halteteil ausgebildet.

Um genau drei Kontaktstellen zwischen der Elektrode und der Elektrodenführung aufzuweisen, ist die nutzförmige Aussparung bevorzugt im Schnitt V-förmig ausgebildet und entweder nur im
5 Halteteil oder nur im Andrückteil gebildet.

Um eine sichere und kontinuierliche Führung der Elektrode in der Elektrodenführung bereitzustellen, wird das Andrückteil mittels eines Federelements oder mittels eines Gewichtes gegen
10 das Halteteil gedrückt. Somit kann eine genaue Führung gewährleistet werden.

Um jeweils optimale Andrückkräfte für Elektroden mit unterschiedlichen Durchmessern bereitzustellen, ist die Andrückkraft des Andrückteils einstellbar. Beispielsweise kann bei
15 Bereitstellen der Andrückkraft mittels eines Gewichtes dieses verschiebbar über einen Hebelarm angeordnet sein und abhängig von seiner Lage eine unterschiedliche Kraft auf das Andrückteil ausüben. Um eine feine Einstellung zu ermöglichen ist
20 das Gewicht vorzugsweise über ein Gewinde verstellbar. Weiter kann beispielsweise ein Federblech als Federelement vorgesehen sein, dessen Federkraft über verstellbare Anschläge einstellbar ist. Die Andrückkraft wird jeweils derart gewählt, dass der Erodierprozess störungsfrei ablaufen kann.

25 Vorzugsweise ist die Elektrodenführung rotierend angeordnet.

Besonders bevorzugt ist die Elektrode rotierend angeordnet. Falls die Elektrodenführung auch rotierend angeordnet ist,
30 dreht sich die Elektrode vorzugsweise mit der gleichen Geschwindigkeit wie die Elektrodenführung.

Um die Elektrodenführung zu schwenken ist weiter eine Schwenkvorrichtung vorgesehen. Vorzugsweise wird die Elektrodenführung dabei um einen Schwenkwinkel von $\pm 2^\circ$ um eine Achse in Vorschubrichtung geschwenkt, in welcher der Elektroden-
35 draht angeordnet ist. Bei einer rotierenden Elektrode fällt

dabei die Achse in Vorschubrichtung und die Drehachse zusammen. Durch die Schwenkvorrichtung ist die Elektrodenführung in einem Winkel relativ zur Drehachse einstellbar. Dadurch ist es insbesondere möglich, Bohrungen zu erzeugen welche eine Konizität aufweisen, wobei sowohl Bohrungen erzeugt werden können, welche sich ausgehend von der Seite der Elektroden-einführung konisch verringern (Bohrungen mit einer Vorweite), als auch Bohrungen erzeugt werden, welche sich ausgehend von der Seite der Elektroden-einführung konisch erweitern (Bohrungen mit einer Hinterweite). Dabei können die konischen Bohrungen mit einer glatten Mantellinie hergestellt werden. Somit können erfindungsgemäß insbesondere Bohrungen von Einspritzdüsen für Kraftstoffeinspritzventile mit höchster Genauigkeit hergestellt werden.

Um die Elektrodenführung auch parallel zur Achse in Vorschubrichtung bzw. parallel zur Drehachse verschieben zu können, ist weiter bevorzugt eine Ausrichtvorrichtung vorgesehen.

Besonders bevorzugt ist die Ausrichtvorrichtung in einem Drehkopf angeordnet. Dabei kann die Ausrichtvorrichtung z.B. derart aufgebaut sein, dass sie vier im Drehkopf angeordnete Schrauben aufweist, welche jeweils von einer anderen Seite der Elektrodenführung anliegen und die Elektrodenführung zwischen sich zentrieren. Dadurch kann die Position der Elektrodenführung in beliebiger radialer Richtung parallel zur Drehachse der Elektrode verschoben werden.

Vorteilhaft ist das Andrückteil in seinem mittleren Bereich zur Elektrode hin mit einer weiteren Aussparung gebildet. Dadurch wird die Elektrode nur über zwei Bereiche des Andrückteils gegen das Halteteil gedrückt und geführt. Mit anderen Worten wird die Elektrode nur an den beiden Enden des Andrückteils gegen das Halteteil gedrückt.

Besonders bevorzugt ist die Elektrodenführung im Drehkopf angeordnet, welcher in einer Brücke gelagert ist. Zur Lagerung des Drehkopfes werden dabei Präzisionslager verwendet.

- 5 Vorzugsweise ist die Brücke über spielfreie Kugelführungen in einer Spindel der Erodiermaschine in Achsrichtung verschiebbar gelagert.

- 10 Um einen Vorschub der Brücke zu begrenzen, ist vorteilhaft ein Anschlag vorgesehen ist.

Besonders bevorzugt ist der Anschlag verstellbar ausgebildet.

- 15 Um einen einfachen Aufbau des Drehkopfs zu ermöglichen, wird der Drehkopf bevorzugt über einen Mitnehmer von der Spindel angetrieben.

Vorteilhaft wird die Elektrodenführung aus einer Al_2O_3 -Keramik oder aus Hartmetall oder aus Stahl hergestellt.

20

Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Erodieren von Aussparungen, insbesondere von Mikrobohrungen, in Werkstücken umfasst eine Elektrodenführung ein Halteteil und ein Andrückteil, wobei eine nutförmige Aussparung im Halteteil und/oder im Andrückteil vorgesehen ist. Eine Elektrode ist zwischen dem Halteteil und dem Andrückteil angeordnet. Das Andrückteil wird mittels einer Vorspannvorrichtung gegen das Halteteil gedrückt. Die Elektrode ist weiterhin rotierend angeordnet, wobei zum Erodieren nur die Elektrode vorgeschoben wird und

25 die Elektrodenführung in einem definierten Abstand zum Werkstück in Vorschubrichtung verbleibt. Somit können erfindungsgemäß Bohrungen mit einer Toleranz von $\pm 1\mu\text{m}$ hergestellt werden.

30

- 35 Vorzugsweise ist bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die Elektrodenführung rotierend angeordnet.

Vorzugsweise kann die Elektrodenführung mittels einer Schwenkvorrichtung geschwenkt werden, so dass die Elektrodenführung und damit auch die aus der Elektrodenführung austretende Elektrode zur Drehachse schräg gestellt ist. Dadurch können bei einer rotierenden Elektrodenführung insbesondere konische Bohrungen sowohl mit einer Vorweite als auch mit einer Hinterweite hergestellt werden. Um Bohrungen mit einer Hinterweite herzustellen, wird die Elektrodenführung parallel zur Drehachse der Elektrode verschoben und zwar derart, dass der Eintrittspunkt der Elektrode am Werkstück, welche mittels der Schwenkvorrichtung schräg gestellt wurde, genau auf der Drehachse der Elektrodenführung liegt. Wenn nun die Elektrode vorgeschoben wird, wird beschreibt die rotierende Elektrode eine Kegelmantelbewegung, so dass eine konische Bohrung mit einer Hinterweite erzeugt wird, wobei die Mittelachse der erzeugten Bohrung auf der Drehachse der Elektrodenführung liegt. Wenn eine konische Bohrung mit einer Vorweite hergestellt werden soll wird die Elektrodenführung in Parallelrichtung zur Drehachse derart verschoben, dass eine Eintrittsposition der Elektrode in das Werkstück am großen Durchmesser der herzustellenden Bohrung (27) liegt. Somit können erfindungsgemäß z.B. konische Bohrungen mit einer Hinterweite von 0 bis 100µm auf eine Bohrungstiefe von 1mm mit gerader Mantellinie hergestellt werden. Es sei angemerkt, dass die Parallelverschiebung bzw. das Schwenken der Elektrodenführung auch durch eine automatische Steuerung vorgenommen werden kann und auch während des Bearbeitungsprozesses verändert werden kann.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung beschrieben. In der Zeichnung ist:

Figur 1 eine schematische Schnittansicht einer Erodiermaschine mit einer erfindungsgemäßen Elektrodenführung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Figur 2 eine vergrößerte Schnittdarstellung der in Figur 1 dargestellten erfindungsgemäßen Elektrodenführung;

5 Figur 3 eine vergrößerte Seitenansicht der Elektrodenführung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel;

10 Figur 4 eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Elektrodenführung bei der Herstellung einer Bohrung mit einer Hinterweite;

15 Figur 5 eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Elektrodenführung bei der Herstellung einer Bohrung mit einer Vorweite;

Figur 6 eine vergrößerte Seitenansicht einer Elektrodenführung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

20 Figur 7 eine vergrößerte Seitenansicht einer Elektrodenführung gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung; und

25 Figur 8 eine Draufsicht einer erfindungsgemäßen Elektrodenführung gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

30 Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf die Figuren 1 bis 3 ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Elektrodenführung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel beschrieben.

35 Wie in Figur 1 gezeigt, umfasst die erfindungsgemäße Elektrodenführung 1 ein Halteteil 2 und ein Andrückteil 3. Das Andrückteil 3 wird über eine Vorspannvorrichtung 6 gegen das Halteteil 2 gedrückt. Zwischen dem Halteteil und dem Andrückteil wird eine rotierende Elektrode 4 in Form eines Drahtes

geführt. Die Elektrode 4 wird über eine Elektrodenspindel 18 angetrieben.

Im Andrückteil 3 ist eine Aussparung 25 vorgesehen (vgl. Figur 3), so dass die Elektrode am Andrückteil 3 nur an deren beiden Enden anliegt. Wie aus Figur 2 ersichtlich ist, weist das Halteteil 2 eine nutzförmige Aussparung 5 auf, welche im Schnitt V-förmig gebildet ist und die Elektrode 4 teilweise aufnimmt. Somit sind zwischen der Elektrodenführung 1 und der Elektrode 4 genau drei Kontaktstellen vorgesehen.

Wie insbesondere aus Figur 3 ersichtlich, umfasst die Vorspannvorrichtung 6 ein Federelement 7, deren Federkraft über eine Befestigungsvorrichtung 9 auf das Andrückteil 3 wirkt. Dadurch wird die Elektrode 4 sicher in der Elektrodenführung 1 geführt ohne dass ein Spiel der Elektrode 4 in der Elektrodenführung 1 möglich ist. Die Stärke der Federkraft kann über eine Justierschraube 28 eingestellt werden. Eine Schraube 29 dient zur Fixierung des Federelements.

Wie in Figur 3 gezeigt, ist weiter eine Schwenkvorrichtung 10 vorgesehen. Die Schwenkvorrichtung 10 umfasst eine erste Schraube 12 und eine zweite Schraube 13. Durch Einstellung über die Schrauben kann die Elektrodenführung 1 um einen Schwenkpunkt 11 geschwenkt werden. Dadurch kann die Elektrodenführung 1 relativ zur Drehachse X-X der Elektrode 4 in einem bestimmten Winkel geneigt werden.

Weiterhin ist eine Ausrichtvorrichtung 14 vorgesehen, welche über vier Justierschrauben 24 einstellbar ist. Aus Gründen einer vereinfachten Darstellung ist in Figur 1 nur eine Justierschraube 24 dargestellt. Über die Ausrichtvorrichtung 14 kann die Elektrodenführung 1 parallel zur Drehachse X-X verschoben werden.

Die Elektrodenführung 1 ist über die Ausrichtvorrichtung 14 in einem Drehkopf 15 angeordnet. Der Drehkopf 15 ist mittels

Präzisionslager 16 in einer Brücke 17 gelagert. Die Brücke 17 ist mit zwei Führungsstangen über spielfreie Kugelführungen 20 in der Spindel der Erodiermaschine in Achsrichtung überfedert verschiebbar gelagert. Die Erodierspindel 18 treibt dabei den Drehkopf 15 über einen Mitnehmer 19 an. Somit rotiert auch die Elektrodenführung 1 mit der gleichen Drehzahl wie die Elektrode 4. Die Elektrode 4 kann mittels einer Elektrodenklemmung 23 geklemmt werden und dadurch schrittweise oder kontinuierlich aus der Elektrodenführung 1 heraus geschoben werden, um eine Bohrung in einem Werkstück 26 zu erodieren.

Zum Erodieren schlägt die Brücke 17 an einem einstellbaren Anschlag 21 an, welcher an einem Maschinentisch 22 angeordnet ist. Dadurch kann der Abstand der Elektrode 4 zum Werkstück 26 entsprechend den Anforderungen des Erodierprozesses stufenlos eingestellt werden. Zum Erodieren wird nun die rotierende Elektrode 4 mittels der Elektrodenklemmung 23 vorgeschoben. Dabei bleibt die ebenfalls rotierende Elektrodenführung 1 in einem definierten Abstand A zum Werkstück 26 stehen (vgl. Figur 1). Beim Vorschieben der Elektrode beeinflusst die Elektrodenklemmung 23 die Lage der Elektrode zur Drehachse X-X nicht, so dass der Rundlauf der Elektrode 4 durch die Elektrodenführung 1 auf $\leq 1\mu\text{m}$ genau eingehalten werden kann. Ebenfalls erfolgt keine Beeinflussung der Elektrodenlage während des Erodierprozesses aufgrund des Antriebs über den Mitnehmer 19 durch die abgekoppelte Erodierspindel 18. Somit können insbesondere Mikrobohrungen mit höchster Genauigkeit hergestellt werden. Durch die rotierende Elektrode 4 werden auch etwa vorhandene minimale Formfehler der Elektrode 4 nicht auf die Bohrungsform übertragen, da die Elektrode rotiert und damit die Kreisform der Bohrung verbessert. Es sei angemerkt, dass die erfindungsgemäße Elektrodenführung 1 auch für stehende Elektroden geeignet ist und damit auch andere Lochformen bzw. Aussparungen, z.B. mittels Profilelektroden, hergestellt werden können.

Weiterhin können mittels der erfindungsgemäßen Elektrodenführung 1 und dem erfindungsgemäßen Verfahren auch konische Bohrungen und insbesondere konische Bohrungen mit einer Hinterweite hergestellt werden. Bei konischen Bohrungen mit einer Hinterweite ist die Bohrung derart ausgebildet, dass der Bohrungsdurchmesser mit zunehmender Tiefe der Bohrung zunimmt. Eine derartige Bohrung 27 mit Hinterweite ist z.B. in Figur 4 dargestellt.

Zur Herstellung der in Figur 4 gezeigten Bohrung mit Hinterweite wird zuerst die Elektrodenführung 1 mittels der Schrauben 12, 13 der Schwenkvorrichtung 10 um den Schwenkpunkt 11 geschwenkt. Der Umfang der Schwenkbewegung hängt dabei von der Art der gewünschten Konizität ab. Üblicherweise wird die Elektrodenführung 1 um einen Winkel α von 0° bis ca. 2° geschwenkt. Dadurch wird der Elektrodendraht leicht gebogen. Anschließend wird die Elektrodenführung 1 mittels der Ausrichtvorrichtung 14 parallel zur Drehachse X-X verschoben. Dabei wird die Elektrodenführung 1 so weit parallel zur Drehachse X-X verschoben, bis der Eintrittspunkt der Elektrode 4 in das Werkstück 26 genau auf der ursprünglichen Drehachse X-X liegt (vgl. Figur 4). Somit rotiert die Elektrodenführung 1 um die Drehachse X-X, wobei ihre Spitze nahe der Drehachse liegt. Wenn nun die rotierende Elektrode 4 vorgeschoben wird, beschreibt sie eine Bewegung auf einem Kegelmantel, wodurch eine konische Bohrung 27 mit einer Hinterweite erzeugt wird.

In Figur 5 ist die Herstellung einer Bohrung mit einer Vorweite dargestellt. Wie bei der Herstellung einer Bohrung mit einer Hinterweite wird die Elektrodenführung 1 um einen Winkel α geschwenkt und anschließend parallel zur Drehachse X-X verschoben. Hierbei erfolgt eine Parallelverschiebung der Elektrodenführung 1 allerdings derart, dass der Eintrittspunkt der Elektrode 4 in das Werkstück 26 am äußeren Durchmesser der Bohrung 27 liegt. Dadurch rotiert die Elektrodenführung 1 in einem gewissen Abstand um die Drehachse X-X und beschreibt eine Bewegung auf einem kopfstehenden Kegelmantel (vgl. Figur

5). Nach Fertigstellung der Bohrung 27 liegt die während des Erodierens vorgeschobene Elektrode 4 dann genau auf der Drehachse X-X.

- 5 Da die Elektrode 4 auch bei der Herstellung von konischen Bohrungen ständig durch die erfindungsgemäße Elektrodenführung 1 geführt wird, können diese Bohrungen schnell und auf einfache Weise mit einer Genauigkeit von 1µm hergestellt werden, was mit den bisher im Stand der Technik bekannten Verfahren, die die Abtragrate mit zunehmender Tiefe der Bohrung vergrößern bzw. verkleinern oder die Elektrode mit zunehmender Tiefe der Bohrung ins Schwingen versetzen, nicht möglich war. Somit stellt die vorliegende Erfindung einen besonderen Fortschritt zur rationalen Herstellung von Bohrungen und insbesondere von Mikrobohrungen mittels Erodierverfahren bereit.
- 10
- 15

In Figur 6 ist eine Elektrodenführung 1 gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel dargestellt. Gleiche bzw. funktional gleiche Teile sind dabei mit den gleichen Bezugszeichen wie im ersten Ausführungsbeispiel bezeichnet.

20

Im Unterschied zum ersten Ausführungsbeispiel ist beim zweiten Ausführungsbeispiel die Vorspannvorrichtung 6 durch ein Gewicht 8 ausgebildet. Das Gewicht 8 wirkt über einen Hebelarm und eine Befestigungsvorrichtung 9 auf das Andrückteil 3, um es gegen das Halteteil 2 zu drücken (vgl. Figur 6). Das Gewicht 8 ist dabei als zylinderförmiger Körper mit einer inneren Durchgangsöffnung ausgebildet. In der Durchgangsöffnung ist ein Gewinde eingeschnitten, über welches das Gewicht verstellbar ist, so dass die wirksame Länge des Hebelarms veränderbar ist und die Andrückkraft des Andrückelements 3 eingestellt werden kann. Um die Schwenkbewegung der Elektrodenführung 1 nicht zu behindern, ist die Vorspannvorrichtung gelenkig ausgebildet (vgl. Figur 6). Ansonsten entspricht die Elektrodenführung 1 des zweiten Ausführungsbeispiels der des ersten Ausführungsbeispiels, so dass auf eine weitere Beschreibung verzichtet werden kann.

25

30

35

In Figur 7 ist eine Elektrodenführung 1 gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel dargestellt. Gleiche bzw. funktional gleiche Teile sind dabei mit den gleichen Bezugszeichen wie
5 im ersten bzw. zweiten Ausführungsbeispiel bezeichnet.

Im Unterschied zu den vorher beschriebenen Ausführungsbeispielen wird beim dritten Ausführungsbeispiel eine Vorspannung auf die aus zwei Halbschalen 2 und 3 bestehende Elektrodenführung 1 mittels einer Justierschraube 30 aufgebracht.
10 Die Elektrodenführung 1 besteht aus mehreren aufeinanderfolgenden Zylinderkörpern, welche jeweils einen kleineren Durchmesser als der vorhergehende Zylinderkörper aufweisen. Vorzugsweise ist die Elektrodenführung aus zwei zylinderförmig
15 abgesetzten (gestuften) Halbschalen gebildet. Diese Elektrodenführung wird insbesondere zur Herstellung von zylindrischen Mikrobohrungen verwendet. Ansonsten entspricht die Elektrodenführung 1 des zweiten Ausführungsbeispiels der des ersten Ausführungsbeispiels, so dass auf eine weitere Be-
20 schreibung verzichtet werden kann.

In Figur 8 ist eine Elektrodenführung 1 gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel dargestellt. Gleiche bzw. funktional gleiche Teile sind dabei mit den gleichen Bezugszeichen wie
25 in den vorher beschriebenen Ausführungsbeispielen bezeichnet.

Im Gegensatz zu den vorher beschriebenen Ausführungsbeispielen, bei denen die Elektrodenführung 1 eine zylindrische Außenform aufweist (vgl. Figur 7), weist die Elektrodenführung
30 1 dieses Ausführungsbeispiels eine rechteckige Außenform auf. Es sei angemerkt, dass abhängig von der zu erzeugenden Aussparung auch andere Außenformen wie z.B. eine dreieckige denkbar sind.

35 Zusammenfassend betrifft die vorliegende Erfindung eine Elektrodenführung 1 bzw. ein Verfahren zum Erodieren von Werkstücken. Die Elektrodenführung 1 stellt durch eine aus

zwei Teilen 2, 3 bestehende Prismenführung mit einer Vorspannvorrichtung 6 eine spielfreie Führung einer Elektrode 4 bereit, wodurch Bohrungen mit einer Genauigkeit von $1\mu\text{m}$ herstellbar sind. Weiter ist eine Schwenkvorrichtung 10 zum

5 Schwenken der Elektrodenführung 1 und eine Ausrichtvorrichtung 14 zum Parallelverschieben der Elektrodenführung 1 vorgesehen, wodurch konische Bohrungen herstellbar sind.

10 Die vorhergehende Beschreibung der Ausführungsbeispiele gemäß der vorliegenden Erfindung dient nur zu illustrativen Zwecken und nicht zum Zwecke der Beschränkung der Erfindung. Im Rahmen der Erfindung sind verschiedene Änderungen und Modifikationen möglich, ohne den Umfang der Erfindung sowie ihrer Äquivalente zu verlassen.

Patentansprüche

1. Elektrodenführung für eine Elektrode (4) einer Erodiermaschine, wobei die Elektrodenführung (1) einen Halteteil (2) und einen Andrückteil (3) umfasst, wobei eine nutförmige Aussparung (5) im Halteteil (2) oder im Andrückteil (3) ausgebildet ist, das Andrückteil (3) mittels einer Vorspannvorrichtung (6) gegen das Halteteil (2) vorgespannt ist und die Elektrode (4) zwischen dem Andrückteil (3) und dem Halteteil (2) angeordnet und spielfrei geführt ist.
2. Elektrodenführung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine nutförmige Aussparung (5) im Andrückteil und im Halteteil ausgebildet ist.
3. Elektrodenführung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die nutförmige Aussparung (5) im Schnitt V-förmig ausgebildet ist.
4. Elektrodenführung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorspannvorrichtung (6) zum Andrücken des Andrückteils (3) gegen das Halteteil (2) als Federelement (7) oder als Gewicht (8) ausgebildet ist.
5. Elektrodenführung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Andrückkraft des Andrückteils (3) einstellbar ist.
6. Elektrodenführung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrodenführung (1) rotierend angeordnet ist.
7. Elektrodenführung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrode (4) rotierend angeordnet ist.

15

8. Elektrodenführung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrodenführung (1) weiter eine Schwenkvorrichtung (10) umfasst, um die Elektrodenführung zu schwenken.

5

9. Elektrodenführung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine Ausrichtvorrichtung (14) vorgesehen ist, um die Elektrodenführung (1) parallel zu einer Drehachse (X-X) zu verschieben.

10

10. Elektrodenführung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausrichtvorrichtung (14) in einem Drehkopf (15) angeordnet ist.

15 11. Elektrodenführung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Andrückteil (3) in seinem mittleren Bereich zur Elektrode (4) hin mit einer weiteren Aussparung (25) gebildet ist.

20 12. Elektrodenführung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrodenführung im Drehkopf (15) angeordnet ist, welcher in einer Brücke (17) gelagert ist.

25 13. Elektrodenführung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Brücke (17) über spielfreie Kugelführungen (20) in einer Spindel (18) der Erodiermaschine in Achsrichtung (X-X) verschiebbar gelagert ist.

30 14. Elektrodenführung nach einem der Ansprüche 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass ein Anschlag (21) zur Begrenzung des Vorschubs der Brücke (17) vorgesehen ist.

35 15. Elektrodenführung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Anschlag (21) verstellbar angeordnet ist.

16. Elektrodenführung nach einem der Ansprüche 10 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Drehkopf (15) über einen Mitnehmer (19) von der Spindel (18) angetrieben wird.
- 5 17. Elektrodenführung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrodenführung (1) aus einer Al_2O_3 -Keramik oder aus Hartmetall oder aus Stahl hergestellt ist.
- 10 18. Verfahren zum Erodieren von Aussparungen (27), insbesondere Mikrobohrungen, in Werkstücken (26) gekennzeichnet durch eine Elektrodenführung (1) umfassend einen Halteteil (2) und einen Andrückteil (3), wobei eine nutzförmige Aussparung (5) im Halteteil (2) und/oder im Andrückteil (3) vorgesehen ist, wobei eine Elektrode (4) zwischen dem Halteteil (2) und dem Andrückteil (3) angeordnet ist und spielfrei geführt ist, die Elektrode (4) rotierend angeordnet ist und das Andrückteil (3) mittels einer Vorspannvorrichtung (6) gegen das Halteteil (2) gedrückt wird, wobei zum Erodieren nur die
- 15 Elektrode (4) vorgeschoben wird und die Elektrodenführung (1) in einem definierten Abstand zum Werkstück (26) in Vorschubrichtung verbleibt.
- 20 19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrodenführung (1) rotierend angeordnet ist.
- 25 20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrodenführung (1) mittels einer Schwenkvorrichtung (10) geschwenkt wird, so dass die Elektrodenführung zur Drehachse (X-X) schräg gestellt ist.
- 30 21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrodenführung (1) zur Herstellung von konischen Bohrungen in Parallelrichtung zur Drehachse (X-X) verschiebbar ist, so dass eine Eintrittsposition der Elektrode (4) in das Werkstück (26) am Schnittpunkt der Drehachse
- 35

17

(X-X) mit dem Werkstück (26) oder am großen Durchmesser der herzustellenden Bohrung (27) liegt.

CCP 2373.1 DE

1/4

23

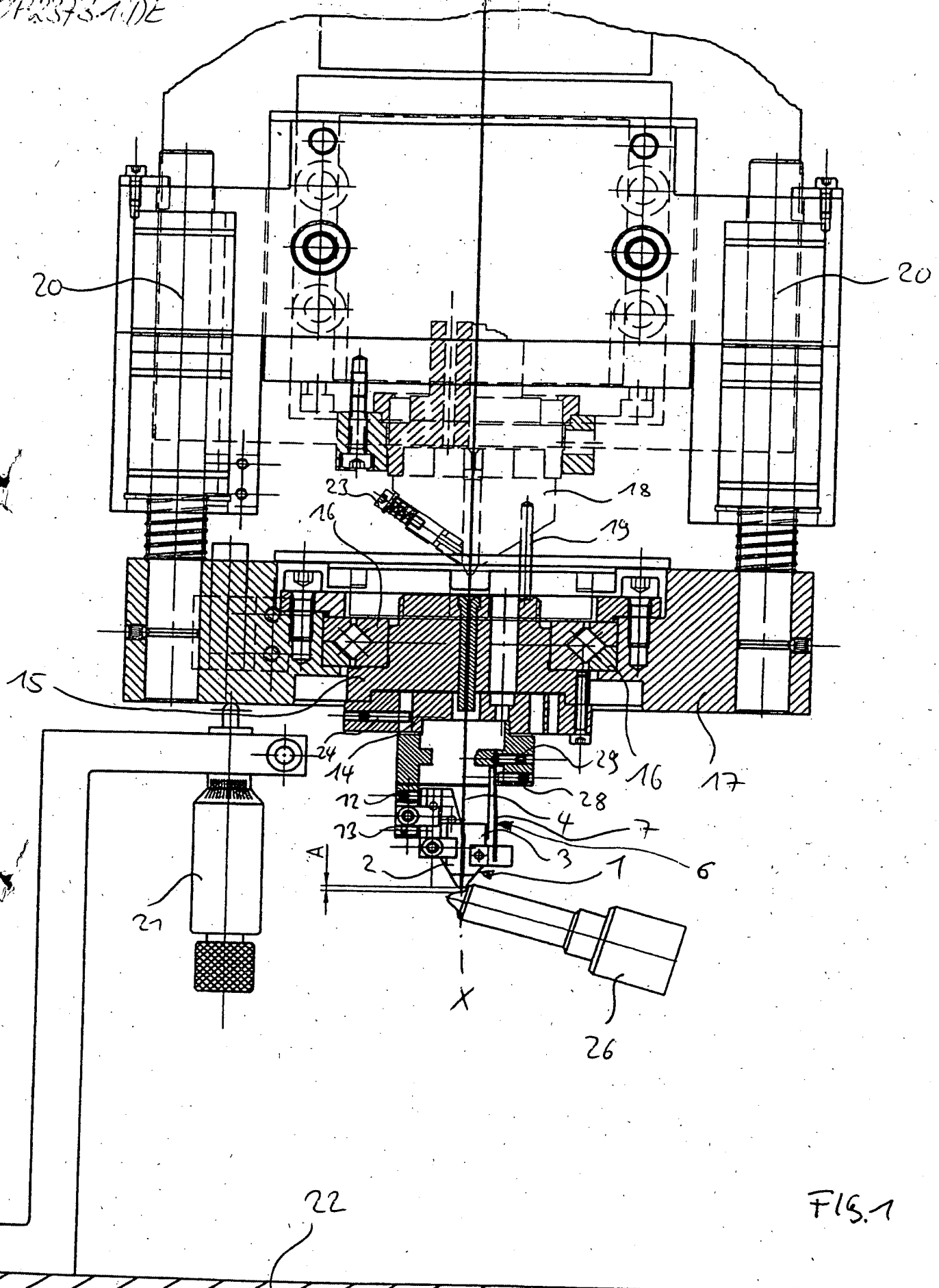


FIG. 1

COP23731DE

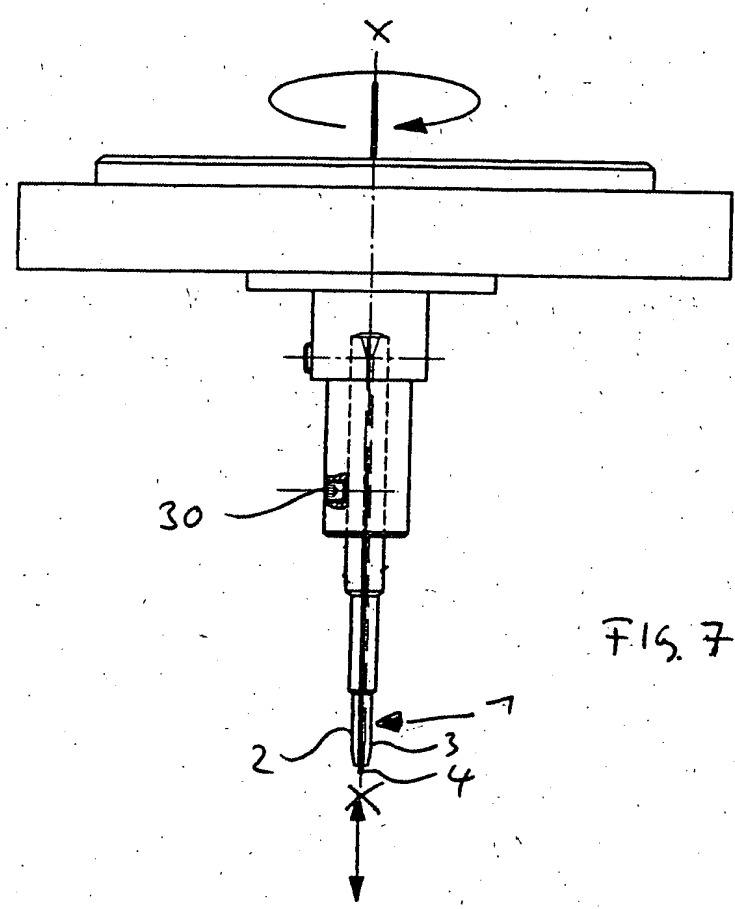


FIG. 7

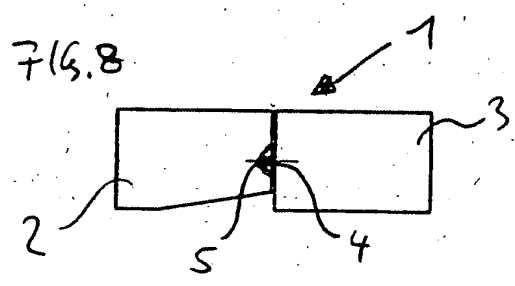


FIG. 8

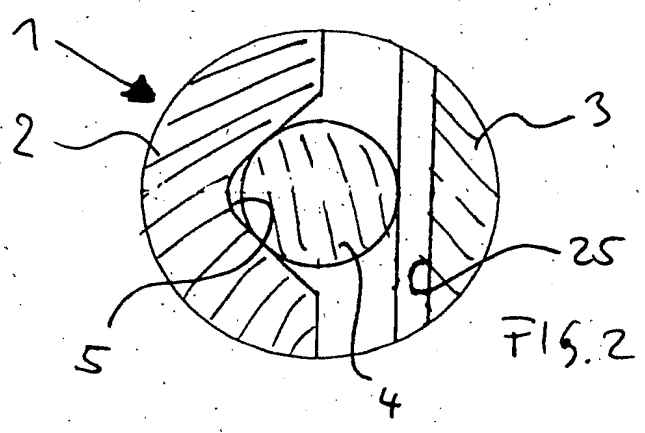
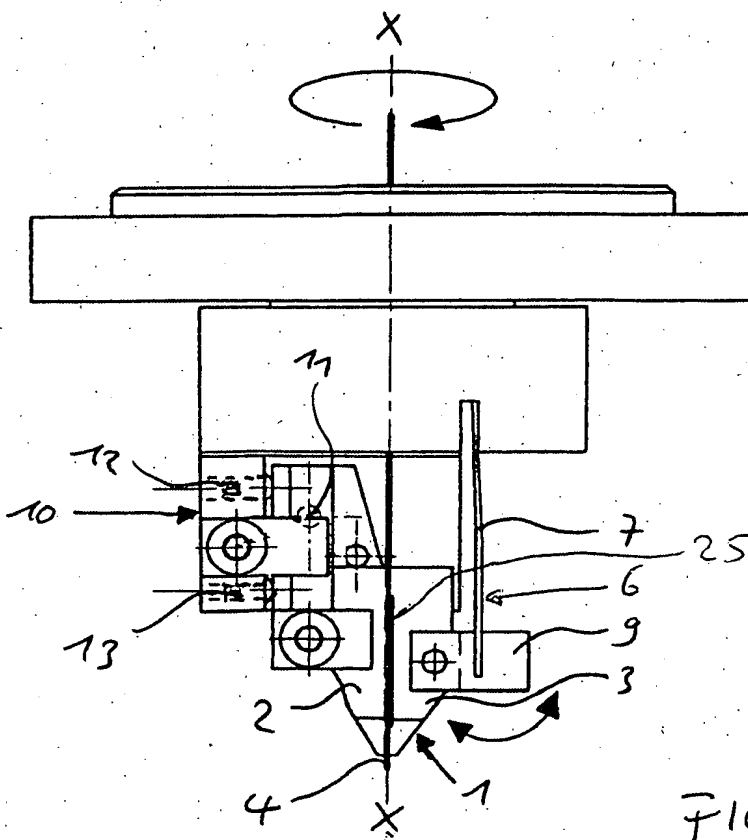
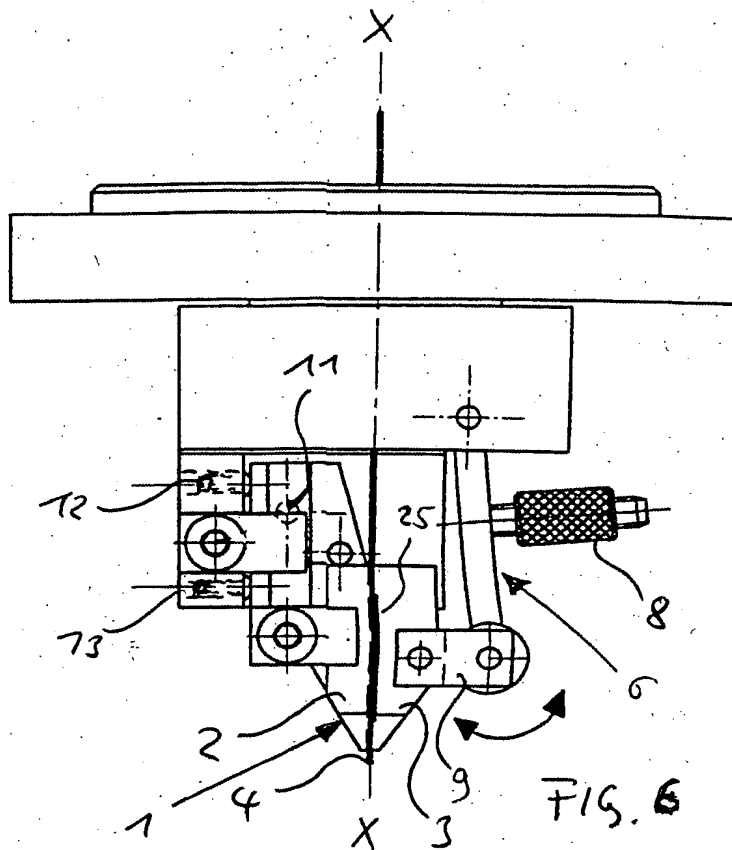
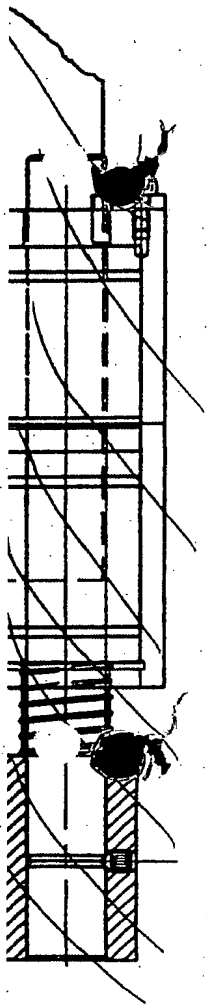


FIG. 2



COP 237-31 DE

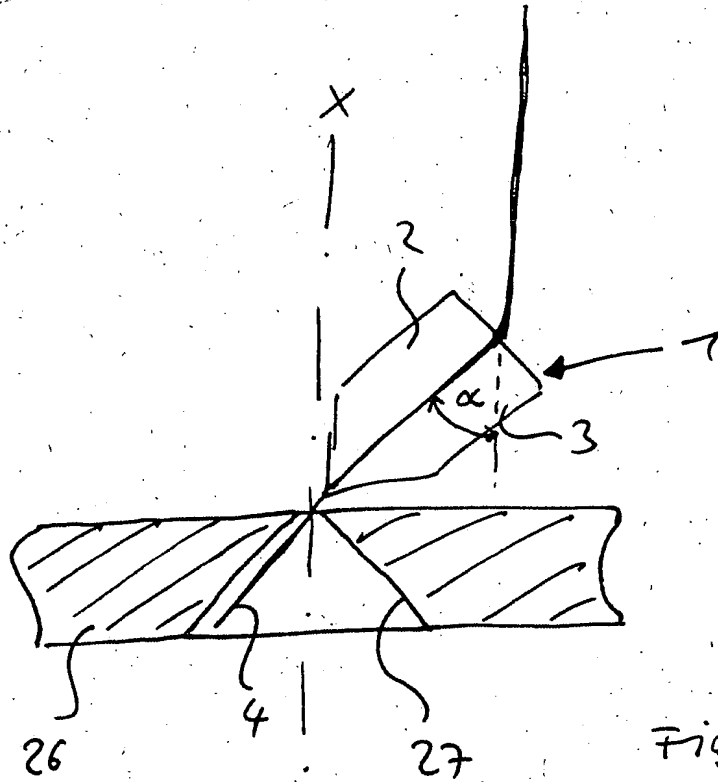


Fig. 4

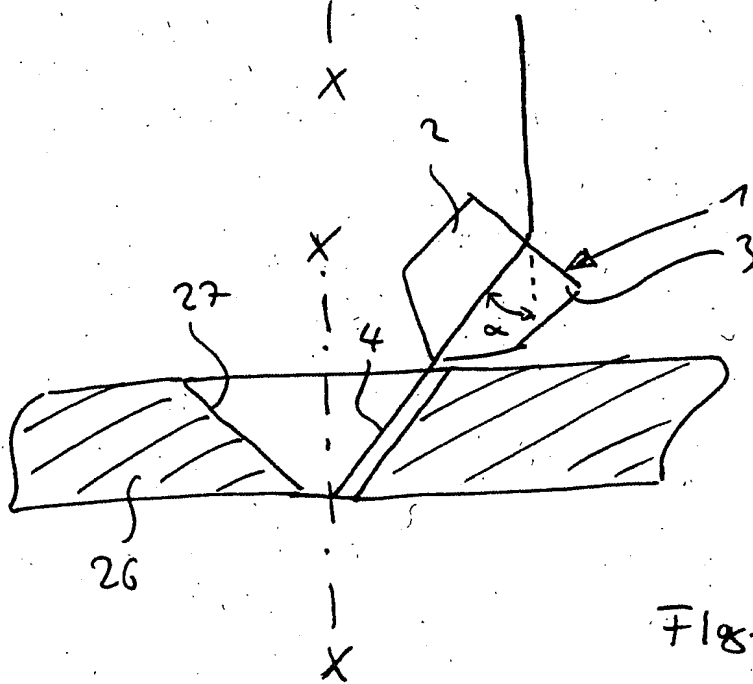


Fig. 5

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.